

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-114978

(43)Date of publication of application : 02.05.1997

(51)Int.Cl. G06T 7/00  
G06T 7/60

(21)Application number : 07-266661

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 16.10.1995

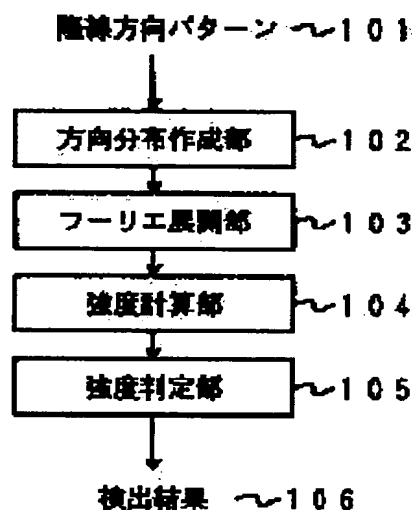
(72)Inventor : SATO ATSUSHI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR DETECTING SPECIAL FINGERPRINT POINT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To remove a problem that singular point detection accuracy is lowered while depending on the rotation of a ridge line concerning a method for detecting singular points (such as core or delta) in a fingerprint or a palmprint.

**SOLUTION:** This device is provided with a direction distribution preparing part 102 for finding an inner product value between a tangential direction vector expressing a tangential direction at respective plural points on a circle with a concerned point as the center on a ridge line direction pattern 101 expressing the ridge line direction of the fingerprint and a ridge line direction vector expressing the ridge line direction at respective plural points on this circle and for outputting the distribution of inner product values found at the plural points on this circle as ridge line direction distribution, a Fourier expansion part 103 for performing the Fourier expansion of this ridge line direction distribution and outputting the Fourier expansion result for every frequency component, a strength calculating part 104 for calculating the strength of this Fourier expansion result for every frequency component as mentioned above and strength judging part 105 for judging the singular fingerprint point by comparing this strength for every frequency component as mentioned above.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.10.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2735098

[Date of registration] 09.01.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-114978

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G06T 7/00			G06F 15/62	460
7/60			15/70	365

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平7-266661

(22) 出願日 平成7年(1995)10月16日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 佐藤 敦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

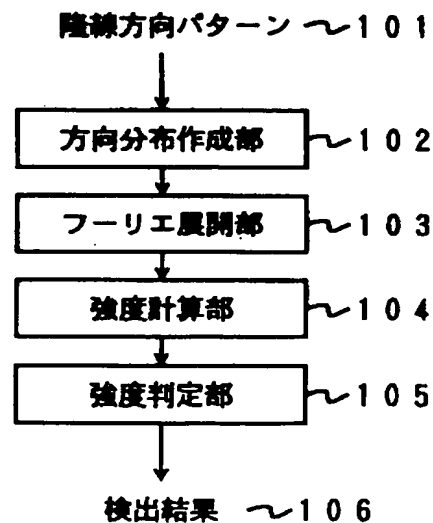
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 指紋特異点検出方法及び指紋特異点検出装置

(57) 【要約】

【課題】 指紋や掌紋における特異点（コア、デルタ）検出方法における、特異点検出精度が隆線パターンの回転に依存して低下する問題を除去する。

【解決手段】 指紋の隆線方向を表す隆線方向パターン 101 上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する方向分布作成部 102 と、前記隆線方向分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するフーリエ展開部 103 と、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算する強度計算部 104 と、前記周波数成分ごとの前記強度を比較することによって指紋特異点を判定する強度判定部 105 とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 指紋の隆線方向を表す隆線方向パターンから指紋特異点を検出する指紋特異点方法において、前記隆線方向パターン上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する第 1 のステップと、前記隆線方向分布から前記指紋特異点を検出する第 2 のステップとを含むことを特徴とする指紋特異点検出方法。

【請求項 2】 前記第 2 のステップは、前記隆線方向分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するステップと、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算するステップと、前記周波数成分ごとの前記強度から前記指紋特異点を検出するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の指紋特異点検出方法。

【請求項 3】 前記第 2 のステップは、前記隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布を、複数の平滑化された部分分布にそれぞれ平滑化するステップと、前記複数の平滑化された部分分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するステップと、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算するステップと、前記周波数成分ごとの前記強度から前記指紋特異点を検出するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の指紋特異点検出方法。

【請求項 4】 前記第 2 のステップは、前記隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布を、複数の平滑化された部分分布にそれぞれ平滑化するステップと、前記複数の平滑化された部分分布の値の極性を基に、正から負への極性の変化及び負から正への極性の変化の回数をゼロ交差数として検出し、このゼロ交差数から前記指紋特異点を検出するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の指紋特異点検出方法。

【請求項 5】 指紋の隆線方向を表す隆線方向パターンから指紋特異点を検出する指紋特異点検出装置において、前記隆線方向パターン上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する第 1 の手段と、

前記隆線方向分布から前記指紋特異点を検出する第 2 の手段とを含むことを特徴とする指紋特異点検出装置。

【請求項 6】 前記第 2 の手段は、前記隆線方向分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するフーリエ展開手段と、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算する強度計算手段と、前記周波数成分ごとの前記強度から前記指紋特異点を検出する手段とを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の指紋特異点検出装置。

【請求項 7】 前記第 2 の手段は、前記隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布を、複数の平滑化された部分分布にそれぞれ平滑化する平滑化手段と、前記複数の平滑化された部分分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するフーリエ展開手段と、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算する強度計算手段と、前記周波数成分ごとの前記強度から前記指紋特異点を検出する手段とを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の指紋特異点検出装置。

【請求項 8】 前記第 2 の手段は、前記隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布を、複数の平滑化された部分分布にそれぞれ平滑化する平滑化手段と、前記複数の平滑化された部分分布の値の極性を基に、正から負への極性の変化及び負から正への極性の変化の回数をゼロ交差数として検出し、このゼロ交差数から前記指紋特異点を検出するゼロ交差数検出手段とを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の指紋特異点検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、指紋や掌紋の分類、特徴抽出方法及び装置に関し、特に指紋に対する特異点検出方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の計算機による指紋特異点検出方法としては、指紋をベクトル場として捉え、その局所領域における発散を面積分することによりコア、デルタといった特異点を検出する方法 [S. Ohteru, H. Kobayashi, T. Kubo, and F. Noda: "Automated Fingerprint Classification", Proceedings of 2nd International Pattern Recognition Conference, August, 1974]、隆線方向の方向分布パターンと予め作成した標準パターンとのマッチングにより特異点を検出する方法 [中村納他: "方向分布パターンによ

る指紋画像の分類”，電子通信学会論文誌 Vol. J 6 5 - D, No. 10, ページ 1 2 8 6 - 1 2 9 3, 1 9 8 2 / 1 0] がある。ここでは、本発明と類似した方法である後者について、図 1 7 を用いて説明する。

【0 0 0 3】従来方法では、図 1 8 に示すような隆線方向パターン上のある注目点に対し、方向分布パターン作成部 3 0 2 において、隆線方向分布パターンを作成し、距離計算部 3 0 3 において、予め特異点ごとに作成された標準パターンとの距離計算を行い、距離判定部 3 0 4 において、距離値の最も小さくなるカテゴリを検出結果とする。

【0 0 0 4】まず、方向分布パターン作成部 3 0 2 における処理を説明する。図 1 9 に示すように、注目点を円の中心とした 1 6 個の扇状領域を考え、扇状領域  $W_i$  における隆線方向  $j$  と中心線  $L_i$  のなす角度のうち、小さい方 ( $90^\circ$  以下のもの) を  $r^j_i$  とする。扇状領域  $W_i$  に含まれる  $N$  個の隆線方向について平均  $C_i$  を下記の数式 1 によって求め、1 6 方向に量子化された角度  $i$  について 2 次元的に表現した方向分布パターンを形成する。

【0 0 0 5】

$$D = \min D(s) \quad s = 0, 1, 2, \dots, 15$$

$$D(s) = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} |C_i - C^{t_{1+(i+s) \bmod 16}}|$$

ここで、 $s$  は標準パターンの回転量を表す。つまり、角度に関してずらしマッチングを行うことにより、最小パターン間距離  $D$  を求める。

【0 0 0 8】距離判定部 3 0 4 では、カテゴリごとの距離値  $D$  を比較し、この値が最小となるカテゴリを求めることによって、指紋特異点ウォール、ループ、デルタを検出し、検出した指紋特異点を検出結果 3 0 5 として出力する。

【0 0 0 9】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の指紋特異点検出方法には、予め目視によって特異点を選定し、それら特異点付近の方向分布パターンを用いて標準パターンを作成しなくてはならない手間、及び、量子化されたパターン同士の距離計算を行っているため、距離値が隆線方向パターンの回転に依存し、検出精度が低下するという欠点があった。これについて、デルタの場合を例にとり、図 2 1 及び図 2 2 を用いて説明する。デルタの方向分布パターンには、図 2 1 で太い実線で示したように山谷が 3 つづつ現れ、扇状領域の角度を 1 6 方向に量子化した場合は、黒ぬり正方形で示した点がサンプリングされる。一方、同一隆線方向パターンを反時計回りに  $360/32$  度だけ回転させた場合は、図 2 2 に太い実線で示した方向分布パターンが得られ、黒ぬり正

【数 1】

$$C_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N r^j_i$$

指紋の隆線方向パターンは、ウォール (Whorl) とループ (Loop) とデルタ (Delta) の 3 つの特異点と、特異点ではないペリフェリー (Periphery) の合計 4 つのカテゴリに分類される。ウォールとループはコアと呼ばれる。これらウォール、ループ、デルタ、及びペリフェリーに対する方向分布パターンは、図 2 0 に示すように特徴的な 2 次元図形パターンとして観測される。

【0 0 0 6】次に、距離計算部 3 0 3 における処理を説明する。これらの 2 次元図形パターンを分類するために、予め目視によって隆線方向パターンから特異点及び周辺部を選定し、カテゴリごとに標準パターン  $C^i$  を作成する。この標準パターンと隆線方向パターンとのパターン間距離  $D$  を下記の数式 2 によって計算する。

【0 0 0 7】

20 【数 2】

方形で示した点がサンプリングされる。この 2 つの方向分布パターンは本来同一のものであるが、サンプリング点が異なるため、ずらしマッチングを行ってもこれらのパターン間距離は 0 にはならない。従って、入力パターンと標準パターンとの距離値は隆線方向パターンの回転に依存して変動し、検出精度が低下する問題がある。

【0 0 1 0】本発明の課題は、標準パターンの作成が不要で、なおかつ検出精度が隆線方向パターンの回転に依存しない高検出精度の指紋特異点検出方法を提供することにある。

【0 0 1 1】本発明の別の課題は、標準パターンの作成が不要で、なおかつ検出精度が隆線方向パターンの回転に依存しない高検出精度の指紋特異点検出装置を提供することにある。

【0 0 1 2】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、指紋の隆線方向を表す隆線方向パターンから指紋特異点を検出する指紋特異点検出方法において、前記隆線方向パターン上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する第 1 のステップ

と、前記隆線方向分布から前記指紋特異点を検出する第 2 のステップとを含むことを特徴とする指紋特異点検出方法が得られる。

【0013】更に本発明によれば、指紋の隆線方向を表す隆線方向パターンから指紋特異点を検出する指紋特異点検出装置において、上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する第 1 の手段と、前記隆線方向分布から前記指紋特異点を検出する第 2 の手段とを含むことを特徴とする指紋特異点検出装置が得られる。

【0014】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0015】図 1 を参照すると、本発明の第一の実施例による指紋特異点検出方法を実施する指紋特異点検出装置は、指紋の隆線方向を表す隆線方向パターン 101 から指紋特異点（コア、デルタ）を検出するためのものであって、前記隆線方向パターン 101 上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する方向分布作成部 102 と、前記隆線方向分布から前記指紋特異点を検出する指紋特異点検出部とを含む。

【0016】この指紋特異点検出部は、前記隆線方向分布をフーリエ展開し、フーリエ展開された結果を周波数成分ごとに出力するフーリエ展開部 103 と、前記フーリエ展開された結果の前記周波数成分ごとの強度を計算する強度計算部 104 と、前記周波数成分ごとの前記強度から前記指紋特異点を検出し、検出した指紋特異点を検出結果 106 として出力する強度判定部 105 とを含む。

【0017】即ち、方向分布作成部 102 は、指紋の隆線方向パターン 101 と注目点を中心とする円の接線方向との内積を、円の角度ごとに求めることによって隆線方向分布を作成する。フーリエ展開部 103 は、前記隆線方向分布をフーリエ展開する。強度計算部 104 は、フーリエ展開後の周波数成分ごとの強度を求める。強度判定部 105 は、各周波数成分の強度を比較することによって、指紋特異点（コア、デルタ）を検出する。

【0018】図 2 を参照すると、本発明の第二の実施例による指紋特異点検出方法を実施する指紋特異点検出装

置は、図 1 の方向分布作成部 102 と同様な動作をする方向分布作成部 202 を含む。即ち、方向分布作成部 202 は、指紋の隆線方向を表す隆線方向パターン 201 上の注目点を中心とする円上の複数点の各々における接線方向を表す接線方向ベクトルと前記円上の複数点の各々における隆線方向を表す隆線方向ベクトルとの内積値を求め、前記円上の複数点において求められた内積値の分布を隆線方向分布として出力する。

【0019】図 2 の指紋特異点検出装置は、更に、前記隆線方向分布から指紋特異点（コア、デルタ）を検出する別の指紋特異点検出部を含む。この別の指紋特異点検出部は、前記隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布を、複数の平滑化された部分分布にそれぞれ平滑化する平滑化部 203 と、前記複数の平滑化された部分分布の値の極性を基に、正から負への極性の変化及び負から正への極性の変化の回数をゼロ交差数として検出し、このゼロ交差数から前記指紋特異点を検出し、検出した指紋特異点を検出結果 205 として出力するゼロ交差数検出部 204 とを含む。

【0020】次に図 1 の第一の実施例の作用を図 3 を用いて説明する。注目点を中心とする円周上の点における接線方向と水平方向のなす角度を  $\theta_1$ 、その点における隆線方向と水平方向のなす角度を  $\theta_2$  とし、接線方向を表すベクトルを  $(R_1 \cos 2\theta_1, R_1 \sin 2\theta_1)$ 、隆線方向を表すベクトルを  $(R_2 \cos 2\theta_2, R_2 \sin 2\theta_2)$  として定義する。ここで、 $R_1, R_2$  は任意の定数であり、 $\theta_1$  及び  $\theta_2$  は、0 から  $\pi$  までの値をとる。この 2 つのベクトルの内積を求めると、

$$R_1 R_2 (\cos 2\theta_1 \cos 2\theta_2 + \sin 2\theta_1 \sin 2\theta_2) = R_1 R_2 \cos 2(\theta_2 - \theta_1)$$

となる。この式から、接線方向と隆線方向が同じ場合に最大値  $R_1 R_2$  をとり、直交する場合に最小値  $-R_1 R_2$  をとることがわかる。従って、横軸を円の角度  $\theta$ 、縦軸を内積値とすると、図 4 に示すようにウォール (Wall)、ループ (Loop)、ペリフェリー (Periphery)、デルタ (Delta) に対して特徴的な隆線方向分布が得られる。この隆線方向分布を  $f(h)$  で表すこととする。ただし、 $m$  を 2 以上の整数としたとき  $h$  は 0 から  $(m-1)$  までの整数を表す。即ち、 $\theta$  は、 $\theta = 2\pi h/m$  で表わされることとなる。この隆線方向分布  $f(h)$  を第 0 ～第  $(m-1)$  点でサンプリングした後、離散フーリエ展開し、下記の数式 3 によって表されるフーリエ係数を求める。

【0021】

【数 3】

$$a(k) = \frac{2}{m} \sum_{h=0}^{m-1} f(h) \cos \frac{2\pi k h}{m}$$

$$b(k) = \frac{2}{m} \sum_{h=0}^{m-1} f(h) \sin \frac{2\pi k h}{m}$$

求まったフーリエ係数から、各周波数成分  $k$  ごとの強度は、 $a(k)^2 + b(k)^2$  として得られる。ただし、 $k=0$  の場合は、 $a(0)^2 / 4$  である。ウォール、ループ、ペリフェリー、デルタ付近では、それぞれ  $k=0, 1, 2, 3$  に対する強度の値が大きくなるので、これらの値を比較することによって、特異点を検出することができる。

【0022】特異点付近の隆線方向分布は、 $\sin$  関数を用いて

$$f(h) = A(k) \sin(2\pi k h / m + \phi) = A(k) \sin \phi \cos(2\pi k h / m) + A(k) \cos \phi \sin(2\pi k h / m)$$

と近似されるが、フーリエ展開後の周波数成分  $k$  の強度  $a(k)^2 + b(k)^2 = \{A(k) \sin \phi\}^2 + \{A(k) \cos \phi\}^2 = A(k)^2$

には、隆線方向パターンの回転を表す位相  $\phi$  が含まれない。従って、本発明による特異点検出結果は、隆線方向パターンの回転の影響を受けない。

【0023】次に図2の第二の実施例の作用を説明する。第一の実施例と同様の方法によって得られた隆線方向分布  $f(h)$  に対して、例えば連続する3点ごとに平均値を求めることによって平滑化処理を施した後、ゼロ交差数を求める。ゼロ交差数とは、値が正から負へ、あるいは負から正へ変わる回数のことである。ウォールの場合は0、ループの場合は1、デルタの場合は3となるので、このゼロ交差数を用いて特異点を検出することができる。ゼロ交差数は、隆線方向パターンが回転しても変わらないので、本発明による特異点検出結果は、隆線方向パターンの回転の影響を受けない。

【0024】なお、図1の指紋特異点検出装置において、方向分布作成部102とフーリエ展開部103との間に、図2の平滑化部203と同様の平滑化部を接続してもよい。この際、この平滑化部は、平滑化部203と同様に、方向分布作成部102からの隆線方向分布を複数の部分分布に分け、これら複数の部分分布をそれぞれ平滑化（平均化）し、複数の平滑化（平均化）された部分分布をフーリエ展開部103に送出する。この平滑化部を設けない場合には、前記隆線方向分布がノイズを含んでいると、該ノイズがフーリエ展開部103にそのまま与えられて、フーリエ展開された結果に誤差が含まれることとなる。これに対して、この平滑化部を設けた場合には、この平滑化部によって前記隆線方向分布に含まれるノイズがフーリエ展開部103のフーリエ展開された結果に与える影響を減じることができ、フーリエ展開

された結果に含まれる誤差が減じることができる。

【0025】次に図1及び図2の実施例の動作をより詳細に説明する。

【0026】まず、本発明を実施するにあたり、図18に示した隆線方向パターンから、ある注目点を中心に切り出した  $7 \times 7$  の隆線方向パターンを用意する。例えば、ウォール、ループ、デルタと呼ばれる特異点付近、あるいはそれ以外のペリフェリーと呼ばれる領域の代表的な隆線方向パターンは、図5に示すようなパターンになる。

【0027】図1の第一の実施例を、図6から図9に示したフローチャートを用いて説明する。

【0028】方向分布作成手段102のフローチャートを図6に示す。S1602において、 $7 \times 7$  の隆線方向パターン上の位置を表す  $i$  の値を1に設定する。S1603において、位置  $i$  における隆線方向と水平方向とのなす角度  $\theta(i)$  を用いて、ベクトル  $(u(i), v(i))$  を次式によって求める。

$$\begin{aligned} u(i) &= \cos 2\theta(i) \\ v(i) &= \sin 2\theta(i) \end{aligned}$$

S1604において、図10に示す渦状フィルタの位置  $i$  における線分と水平方向とのなす角度  $\phi(i)$  を用いて、ベクトル  $(x(i), y(i))$  を次式によって求める。

$$\begin{aligned} x(i) &= \cos 2\phi(i) \\ y(i) &= \sin 2\phi(i) \end{aligned}$$

$x(i)$  の値は図11に示すように、 $y(i)$  の値は図12に示すように予め計算できるので、S1604ではこの値を参照するだけでも良い。S1605において、位置  $i$  における  $(u(i), v(i))$  と  $(x(i), y(i))$  との内積  $s(i)$  を、次式によって求める。

$$\begin{aligned} s(i) &= u(i)x(i) + v(i)y(i) \end{aligned}$$

S1606において、 $7 \times 7$  の全ての領域について内積値  $s(i)$  が計算されたかどうか判断される。すなわち、 $i=49$  の場合はS1608に進み、そうでなければS1607で  $i$  が1増加された後、S1603にもどる。S1608からS1611の処理で、 $h=0 \sim 15$  に対する  $f(h)$  の値を0に設定する。S1612において、 $7 \times 7$  の隆線方向パターン上の位置を表す  $i$  の値を1に設定する。S1613からS1615において、図13に示した量子化角度を表す0から15の値を持つ指標D(i)を用いて、内積値  $s(i)$  の和を求める。すなわち、

量子化された 16 方向  $h=0 \sim 15$  について、内積値  $s(i)$  の総和を求めることにより、接線方向分布  $f(h)$  を得る。

【0032】フーリエ展開手段 103 のフローチャートを図 7 に示す。S1702 において、周波数成分  $k$  の値を 0 に設定する。S1703 において、フーリエ係数  $a(k)$ 、 $b(k)$  の値を 0 に設定する。S1704 から S1707 において、量子化された 16 方向に対する方向分布  $f(h)$  を用い、下記の数式 4 に従ってフーリエ係数  $a(k)$ 、 $b(k)$  を計算する。

【0033】

【数 4】

$$a(k) = \frac{2}{16} \sum_{h=0}^{15} f(h) \cos \frac{2\pi k h}{16}$$

$$b(k) = \frac{2}{16} \sum_{h=0}^{15} f(h) \sin \frac{2\pi k h}{16}$$

S1708 において、周波数成分  $k=3$  までフーリエ係数が計算されたかどうか判断し、 $k < 3$  であれば S1709 で  $k$  の値を 1 増加した後、S1703 に戻る。 $k=3$  であれば処理を終了する。

【0034】強度計算手段 104 のフローチャートを図 8 に示す。S1802 において、 $k=0$  の時の強度  $P(0)$  がフーリエ係数  $a(0)$  を用いて計算される。S1803 から S1806 において、 $k=1 \sim 3$  の時の強度  $P(k)$  が、フーリエ係数  $a(k)$ 、 $b(k)$  を用いて計算される。

【0035】強度判定手段 105 のフローチャートを図 9 に示す。S1902 において、検出結果を表す  $T$  に 0 を代入し、 $M$  に  $k=0$  の時の強度  $P(0)$  を代入する。S1903 から S1907 において、周波数成分  $k$  の強度  $P(k)$  と  $M$  との比較が行われ、最終的に  $k=0 \sim 3$  における強度  $P(k)$  の最大値が  $M$  に、その時の  $k$  の値が  $T$  に代入される。処理が終了した時の  $T$  の値が、0 の時はウォール、1 の時はループ、3 の時はデルタとして、特異点の検出結果とする。 $T=2$  の時は、特異点は検出されなかったとする。

【0036】次に図 2 の第二の実施例を、図 14 及び図 15 に示したフローチャートを用いて説明する。

【0037】方向分布作成手段 202 のフローチャートは図 6 に示したものと同じであり、量子化された 16 方向に対する隆線方向分布  $f(h)$ 、 $h=0 \sim 15$  が得られる。

【0038】平滑化手段 203 のフローチャートを図 14 に示す。S2002 において、平滑化後の方向分布  $g(0)$ 、 $g(15)$  を求める。S2003 から S2006 において、 $h=1 \sim 14$  に対する  $g(h)$  を求める。

【0039】ゼロ交差数検出手段 204 のフローチャートを図 15 に示す。S2102 において、ゼロ交差点を

表す  $c$  の値を 0 に設定する。S2103 から S2104 において、 $g(15)$  が正かつ  $g(0)$  が負の場合には、 $c$  の値を 1 増加させる。S2105 から S2109 において、 $h=0 \sim 14$  について  $g(h)$  と  $g(h+1)$  の符号の変化を調べ、 $g(h)$  が正かつ  $g(h+1)$  が負の場合には、 $c$  の値を 1 増加させる。処理が終了した時の  $c$  の値が、0 の時はウォール、1 の時はループ、3 の時はデルタとして特異点の検出結果とする。 $c=2$  の時は、特異点は検出されなかったとする。

10 【0040】以上、本発明の指紋特異点検出方法の実施例について述べた。実施例では  $7 \times 7$  の渦状パターンを用いて説明したが、異なるサイズのパターンを用いても本発明は有効である。また、強度判定手段 105 では、周波数成分  $k=0 \sim 3$  において、強度  $P(k)$  が最大となる  $k$  を検出結果としたが、 $k$  ごとに適当なしきい値を設定し、強度  $P(k)$  がそのしきい値より大きい場合に、それに対応する特異点が検出されたとしても構わない。さらに、ゼロ交差数検出手段 204 において、ゼロ交差数の代わりに山谷の数を用いても、本発明が有効であることは容易に推察される。

【0041】次に図 1 及び図 2 の実施例の効果を説明する。

【0042】図 3 において、円の法線方向と水平方向のなす角度  $\theta$  は、接線方向の角度  $\theta_1$  を用いて、 $\theta = \theta_1 - \pi/2$  として与えられるので、法線方向を表すベクトルは、

$$(R_1 \cos 2\theta, R_1 \sin 2\theta) = -(R_1 \cos 2\theta_1, R_1 \sin 2\theta_1)$$

となる。つまり、円の法線方向を表すベクトルを用いて得られた方向分布は、円の接線方向を用いた場合の結果と符号が反転するだけなので、フーリエ展開後の強度の値は、接線方向を表すベクトルを用いた場合と同じである。すなわち、図 10 に示した渦状パターンと直交する図 16 に示す放射状パターンを用いた場合でも、渦状パターンを用いた場合と全く同様の特異点検出結果を得ることができる。従って、この場合でも本発明は有効である。

【0043】また、円の接線方向と隆線方向の外積によって方向分布を求めた場合、接線方向の角度を  $\theta_1$ 、隆線方向の角度を  $\theta_2$  とすると、

$$R_1 R_2 (\cos 2\theta_1 \sin 2\theta_2 - \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_2) = R_1 R_2 \sin 2(\theta_2 - \theta_1)$$

となる。すなわち、接線と隆線が同じ方向の場合、あるいは直交する場合にこの値は 0 となり、 $\pm 45$  度の場合に  $-R_1 R_2$ 、あるいは  $R_1 R_2$  の値をとる。したがって、ウォールの方向分布は常に 0 になってしまうが、ループ、デルタ、ペリフェリーについては、内積によって得られた方向分布と類似した方向分布が得られるので、これをフーリエ展開し、各周波数成分ごとの強度を求めることによって、あるいはゼロ交差数を求めることによ



って、ウォール以外の特異点を検出することができる。従って、この場合でも本発明は有効である。もちろん、円の法線方向と隆線方向の外積によって方向分布を求めた場合も同様に有効である。

【0044】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明を用いれば、特異点の検出精度が隆線方向パターンの回転に依存しないため、従来手法に比べて精度良い特異点が可能となる。また、本発明では標準パターンを作成する必要がないため、予め目視によって特異点を選定し、隆線の方向分布の標準パターンを作成する手間を必要としない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例による指紋特異点検出方法を実施する指紋特異点検出装置のブロック図である。

【図2】本発明の第二の実施例による指紋特異点検出方法を実施する指紋特異点検出装置のブロック図である。

【図3】本発明の作用を説明するための図である。

【図4】本発明の作用を説明するための図である。

【図5】本発明を説明するための図である。

【図6】図1の第一の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図7】図1の第一の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図8】図1の第一の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図9】図1の第一の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図10】本発明を説明するための図である。

【図11】本発明を説明するための図である。

【図12】本発明を説明するための図である。

【図13】本発明を説明するための図である。

【図14】図2の第二の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図15】図2の第二の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図16】図1及び図2の実施例の効果を説明するための図である。

【図17】従来の方法を実施するための装置のブロック図である。

【図18】隆線方向パターンの例を示した図である。

【図19】従来の方法を説明するための図である。

【図20】従来の方法で得られる方向分布パターンの例を示す図である。

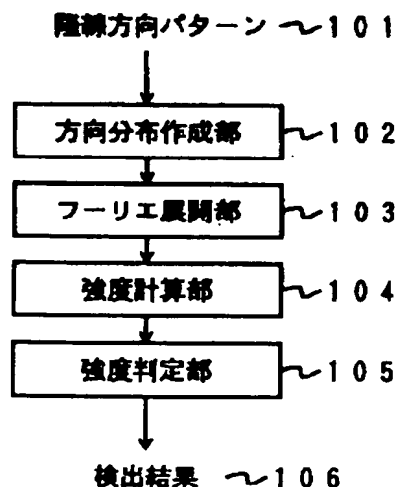
【図21】従来の方法を説明するための図である。

【図22】従来の方法を説明するための図である。

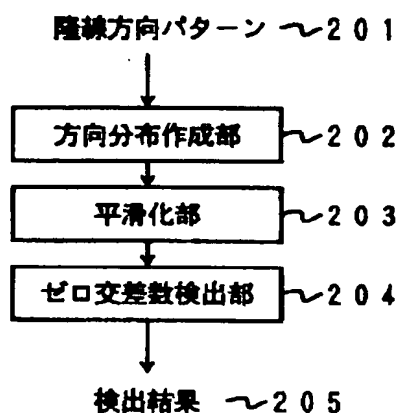
【符号の説明】

101	隆線方向パターン
102	方向分布作成部
103	フーリエ展開部
104	強度計算部
105	強度判定部
106	検出結果
201	隆線方向パターン
202	方向分布作成部
203	平滑化部
204	ゼロ交差数検出部
205	検出結果

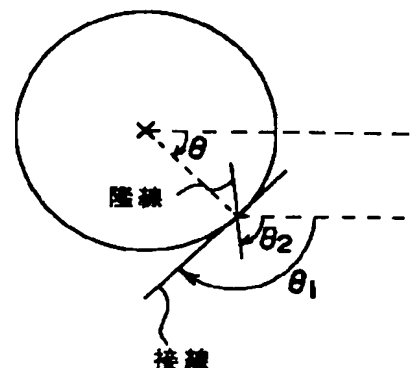
【図1】



【図2】

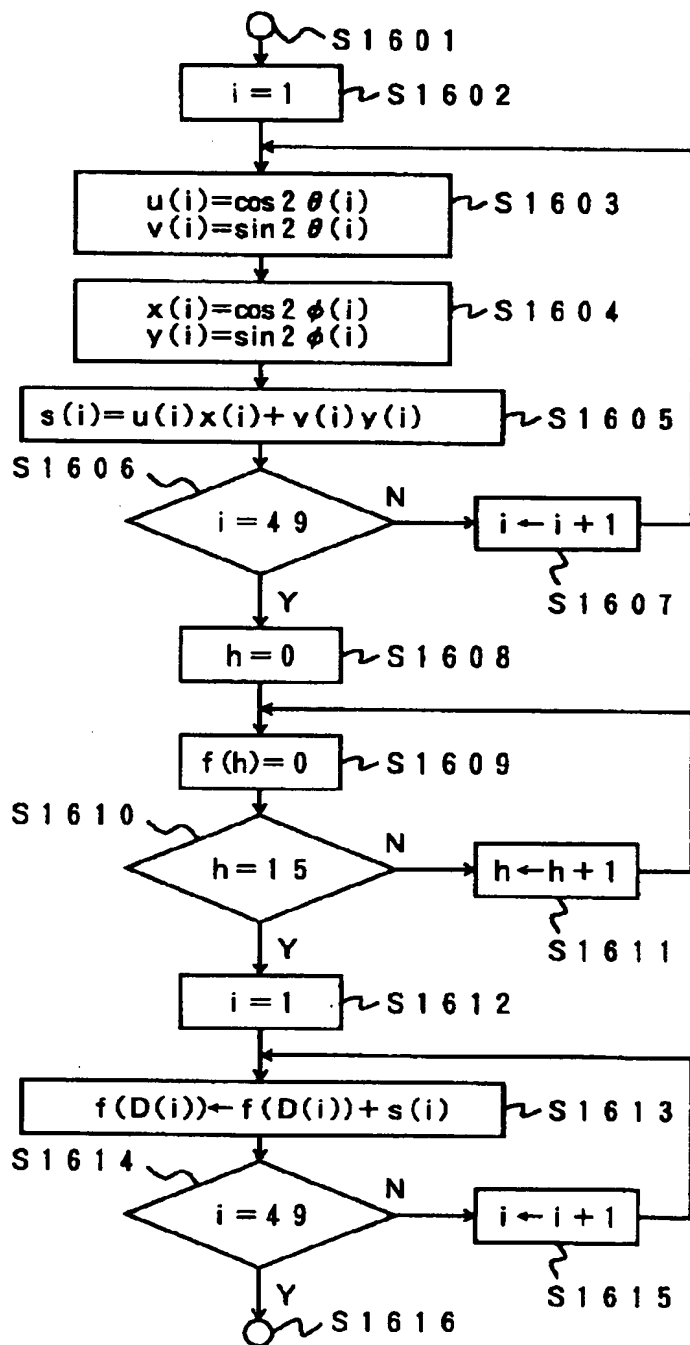


【図3】





【図6】



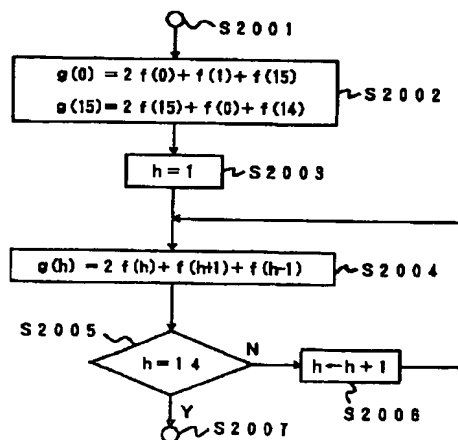
【図11】

0	$\frac{5}{13}$	$\frac{4}{5}$	1	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{13}$	0
$-\frac{5}{13}$	0	$\frac{3}{5}$	1	$\frac{3}{5}$	0	$-\frac{5}{13}$
$-\frac{4}{5}$	$-\frac{3}{5}$	0	1	0	$-\frac{3}{5}$	$-\frac{4}{5}$
-1	-1	-1	0	-1	-1	-1
$-\frac{4}{5}$	$-\frac{3}{5}$	0	1	0	$-\frac{3}{5}$	$-\frac{4}{5}$
$-\frac{5}{13}$	0	$\frac{3}{5}$	1	$\frac{3}{5}$	0	$-\frac{5}{13}$
0	$\frac{5}{13}$	$\frac{4}{5}$	1	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{13}$	0

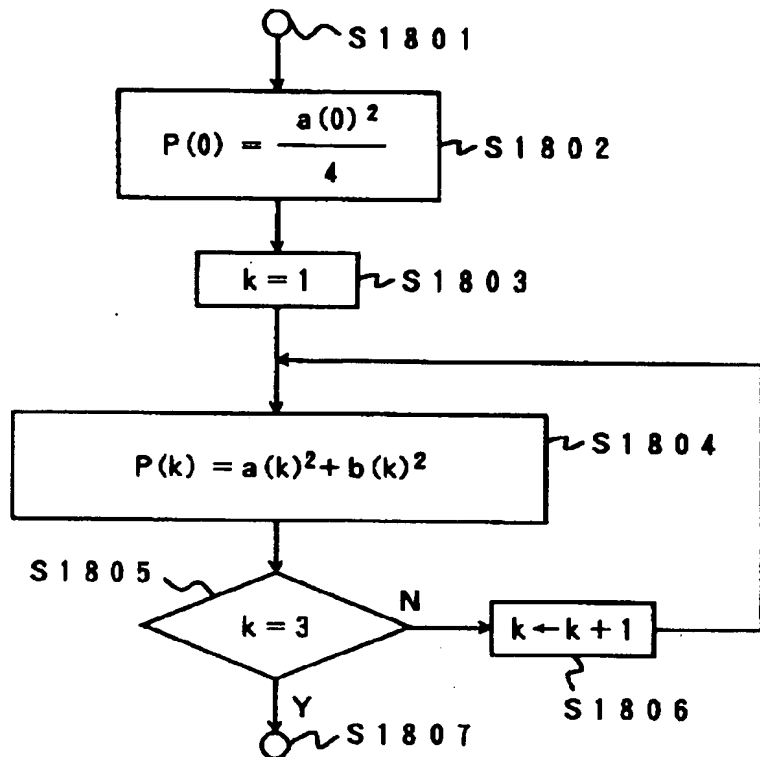
【図12】

-1	$-\frac{12}{13}$	$-\frac{3}{5}$	0	$\frac{3}{5}$	$\frac{12}{13}$	1
$-\frac{12}{13}$	-1	$-\frac{4}{5}$	0	$\frac{4}{5}$	1	$\frac{12}{13}$
$-\frac{3}{5}$	$-\frac{4}{5}$	-1	0	1	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{5}$
0	0	0	0	0	0	0
$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	1	0	-1	$-\frac{4}{5}$	$-\frac{3}{5}$
$\frac{12}{13}$	1	$\frac{4}{5}$	0	$-\frac{4}{5}$	-1	$-\frac{12}{13}$
1	$\frac{12}{13}$	$\frac{3}{5}$	0	$-\frac{3}{5}$	$-\frac{12}{13}$	-1

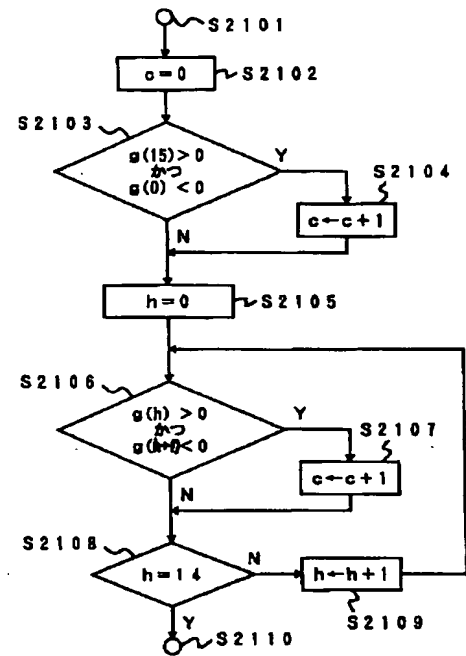
【図14】



【図 8】

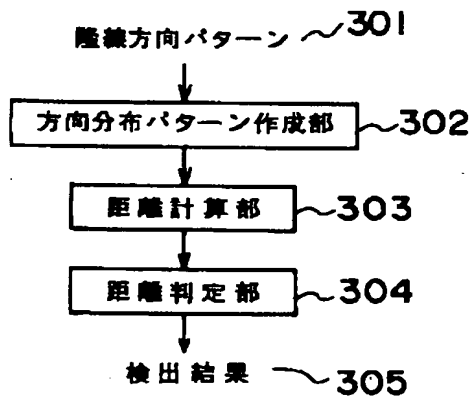


【図 15】

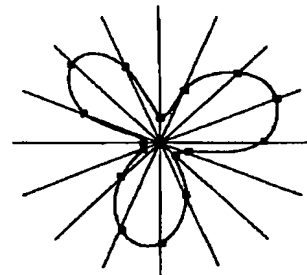
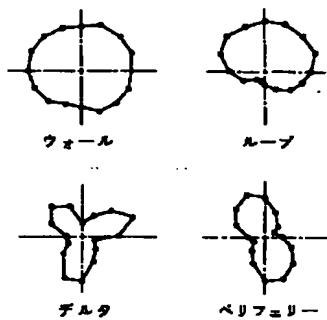


【図 21】

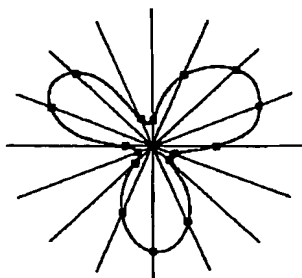
【図 17】



【図 20】



【図 22】



【図 9】

